

## Pengaruh Waktu Operasi Terhadap Karakteristik *Char* Hasil Pirolisis Sekam Padi Sebagai Bahan Pembuatan *Nano Structured Supermicrosporous Carbon*

YC Danarto<sup>1</sup>, Adrian Nur<sup>1</sup>, Dwi Panggih Setiawan<sup>2</sup>, Novan Dwi Kuncoro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia FT UNS, Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta

<sup>2</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia FT UNS, Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta

### Abstract

*As agricultural countries, Indonesia has a great rice husk potential. One of alternative usage of rice husk is as a raw material for producing NSMC as fuel gas adsorbent. Production of NSMC consist of 2 steps process, rice husk pyrolysis to produce and activated char with KOH. NSMC is nano structured porous carbon as storage media for fuel gas. The aim of this experiments was studying the effect of pyrolysis time upon char characteristic. The research was conducted in a fixed bed reactor equipped with condenser in inert condition. Pyrolysis conducted with time variation (30, 45, 60, 75 minutes). Pyrolysis reached temperature till 600 °C. Char from pyrolysis process was analyzed with FTIR and BET methods. This research showed that char contained C-O functional group on absorbs range 1300-1000/cm. From BET methods showed that char surface area was 8,91 m<sup>2</sup>/gram. It was concluded that optimum time of pyrolysis process was 75 minutes.*

**Keyword:** rice husk, pyrolysis, char, NSMC.

### Pendahuluan

Bahan makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia adalah beras. Menurut BPS (2009), Indonesia memiliki sawah seluas 12,84 juta hektar yang menghasilkan padi sekitar 63,84 juta ton. Kadar sekam padi terhadap berat padi keseluruhan sekitar 15 - 20 % (Widowati, 2001). Ini berarti limbah sekam padi yang dihasilkan bangsa Indonesia sekitar 8,2 – 10,9 ton/tahun. Potensi limbah yang besar ini hanya sedikit yang baru dimanfaatkan secara optimal. Kebanyakan sekam padi baru dimanfaatkan sebagai bahan bakar langsung.

Salah satu proses alternatif untuk meningkatkan manfaat sekam padi adalah pirolisis. Pirolisis merupakan proses dekomposisi suatu zat/material yang dilaksanakan pada suhu yang relatif tinggi. Hasil pirolisis sekam padi berupa hasil gas, cair, dan padat (*char*). Gas dan cairan hasil pirolisis dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar langsung pada turbin, mesin diesel, boiler, dan lain-lain tetapi nilai kalornya tidak terlalu tinggi. Untuk meningkatkan nilai kalornya, gas dan cairan hasil pirolisis ditingkatkan sifatnya menjadi *fuel gas* berupa gas hidrogen.

Hasil pirolisis sekam padi berupa *char* mengandung karbon dan silika dengan komposisi dan sifat tergantung pada kondisi operasi pirolisis (Parmon and Yakovlev, 2006). Kandungan karbon dan silika yang besar memungkinkan pembuatan *nano structured supermicroporous carbon (NSMC)*, dengan

struktur pori berukuran nano maka diharapkan penyimpanan gas hidrogen menjadi maksimal.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan suhu dan waktu yang optimal untuk pirolisis sekam padi yang menghasilkan *char* sebagai bahan pembuatan NSMC dan menentukan sifat-sifat *char* yang diperoleh dari hasil pirolisis.

### Landasan Teori

Menurut BPS (2009), Indonesia memiliki sawah seluas 12,84 juta hektar yang menghasilkan padi sekitar 63,84 juta ton. Kadar sekam padi terhadap berat padi keseluruhan sekitar 15 - 20 % (Widowati, 2001). Ini berarti limbah sekam padi yang dihasilkan bangsa Indonesia sekitar 8,2 – 10,9 ton pada tahun 2006.

Potensi limbah yang besar ini hanya sedikit yang baru dimanfaatkan secara optimal. Secara tradisional, sekam padi biasanya dipergunakan secara bahan bakar konvensional. Sekarang ini banyak dilakukan penelitian untuk meningkatkan manfaat sekam padi, diantaranya pemanfaatan sekam padi sebagai adsorben untuk penjerapan logam-logam berbahaya pada limbah industri (Danarto, et.al (2006a dan 2006b), Mahvi, et.al (2004), Tang, et.al.(2003)), pemanfaatan sekam padi menjadi *liquid smoke* yang dipakai sebagai bahan pengawet makanan (Swastawati, dkk., 2006), pemanfaatan sekam padi sebagai bahan baku pembuatan *silicon carbide (SiC)* (Singh, et.al., 2002). Pirolisis sekam padi untuk memperoleh bahan bakar cair maupun bahan-bahan kimia lainnya juga sudah

banyak diteliti (Danarto (2008), Tsai, et.al (2007), William and Bessler (1993)).

Pirolisis dapat didefinisikan sebagai dekomposisi *thermal material organik* pada suasana inert (tanpa kehadiran oksigen) yang akan menyebabkan terbentuknya senyawa volatil. Pirolisis pada umumnya diawali pada suhu 200 °C dan bertahan pada suhu sekitar 450 – 500 °C (Sheth and Babu, 2006). Pirolisis suatu biomassa akan menghasilkan tiga macam produk, yaitu produk gas, cair (*bio-oil*), dan padat (*char*). Jumlah produk gas, cair dan char tergantung pada jenis prosesnya ( suhu dan waktu pirolisis), seperti terlihat pada tabel 1.

Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa metode *fast pyrolysis* dipergunakan terutama untuk mendapatkan produk cair yaitu *bio-oil*. *Bio-oil* mengandung beberapa macam senyawa seperti aldehid, asam karboksilat, phenol, alkohol, dan lain-lain. *Bio-oil* dapat langsung dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada *boiler*, generator, dan turbin (Wirawan, 2006). *Bio-oil* hasil pirolisis memiliki kelemahan seperti kandungan oksigen besar (30% - 40%), viskositas sangat besar ( sekitar 46 cP), kandungan gugus hidroksil besar, dan tidak stabil (Zhang, 2005). Untuk mengatasi kelemahan tersebut, *bio-oil* dapat diubah menjadi *fuel gas* berupa gas hidrogen melalui proses *catalytic steam reforming* dan *shift conversion* (Bota and Wang, 2005).

**Tabel 1. Kandungan Produk Gas, Cair dan Padat pada Berbagai Jenis Pirolisis**

Jenis Pirolisis	Komposisi		
	Gas	Cair	Padat ( <i>Char</i> )
<i>Fast Pyrolysis</i>			
-suhu moderat (~500 °C)	13 %	75 %	12 %
-waktu pirolisis singkat ( < 2 dtk)		(senyawa organik)	
<i>Carbonization</i>			
- suhu relatif rendah	35 %	30 %	35 %
- waktu pirolisis lama		(air)	
<i>Gasification</i>			
- suhu tinggi ( > 800 °C)	85 %	5 %	10 %
- waktu pirolisis lama		(tar)	

(Bridgewater, 2005)

Metode *gasification* digunakan terutama untuk mendapatkan produk gas. Gas hasil pirolisis mengandung beberapa senyawa seperti CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan senyawa hidrokarbon lainnya. Metode *gasification* dijalankan pada suhu tinggi sekitar 800 – 1100 °C dan menggunakan udara (oksigen), uap air atau CO<sub>2</sub> sebagai *oxidizing agent* (Skreiberg, 2005). Gas hasil pirolisis ini langsung dapat digunakan sebagai bahan bakar, akan tetapi nilai kalornya tidak terlalu tinggi. Untuk meningkatkan

kualitas gas hasil pirolisis dilakukan dengan cara *shift conversion* (Bota and Wang, 2005)

Metode *carbonization* menghasilkan lebih banyak hasil padat dibandingkan dengan metode lainnya. Metode ini dijalankan pada suhu sekitar 400 °C – 500 °C dengan waktu pirolisis yang lebih lama (sekitar 2 jam).

Penelitian-penelitian mengenai pirolisis sekarang ini mengarah kepada usaha-usaha pencarian bahan bakar alternatif dari biomass. Antonaku, et.al (2006) meneliti pembuatan *bio-oil* dari pirolisis serbuk gergaji menggunakan *fluidized bed reactor*. Proses pirolisis dijalankan dengan katalis maupun tanpa katalis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pirolisis memakai katalis akan menghasilkan *bio-oil* yang lebih baik kualitasnya.

Sheth and Babu (2006) mempelajari pirolisis biomassa (kayu) ditinjau dari segi kinetiknya. Penelitian tersebut dapat memprediksi kecepatan pirolisis suatu biomassa dengan berbagai macam ukuran partikel.

Bharadwaj, et.al. (2004) mempelajari perubahan ukuran partikel selama pirolisis sekam padi pada reaktor *fixed bed*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengecilan ukuran partikel terjadi pada suhu di atas 200 °C. dan suhu di atas 1500 °C ukuran partikel mulai tetap. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa terjadi pembentukan SiC pada suhu di atas 2500 °C.

Nath and Das (2003) mengemukakan beberapa proses pembuatan *fuel gas* (gas hidrogen) dari pirolisis biomassa. Proses-proses tersebut antara lain *thermochemical gasification* diikuti dengan *water-gas shift* dan *fast pyrolysis* diikuti dengan *steam reforming bio-oil*

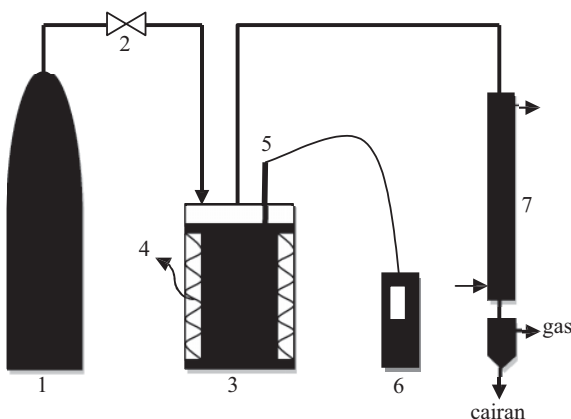
Penelitian-penelitian di atas sebagian besar diarahkan untuk pencarian energi alternatif yang ramah lingkungan seperti *bio-oil* dan *synthetic gas* (gas hidrogen). *Bio-oil* dan gas hidrogen berasal dari hasil cair dan hasil gas proses pirolisis biomassa. Sedangkan penelitian untuk mengembangkan hasil padat (*char*) belum banyak dilakukan. Penelitian ini berusaha memanfaatkan hasil padat (*char*) dari pirolisis sekam padi.

Pada abad XV, diketahui bahwa arang aktif dapat dihasilkan melalui komposisi kayu dan dapat digunakan sebagai adsorben warna dari larutan. Aplikasi komersial baru dikembangkan pada tahun 1974 yaitu pada industri gula sebagai pemucat, dan menjadi sangat terkenal karena kemampuannya menyerap uap gas beracun yang digunakan pada Perang Dunia I. Arang aktif merupakan senyawa karbon *amorph*, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25- 1000%

terhadap berat arang aktif. Karena hal tersebut maka karbon aktif banyak digunakan oleh kalangan industri. Hampir 60% produksi arang aktif di dunia ini dimanfaatkan oleh industri-industri gula dan pembersihan minyak dan lemak, kimia dan farmasi.

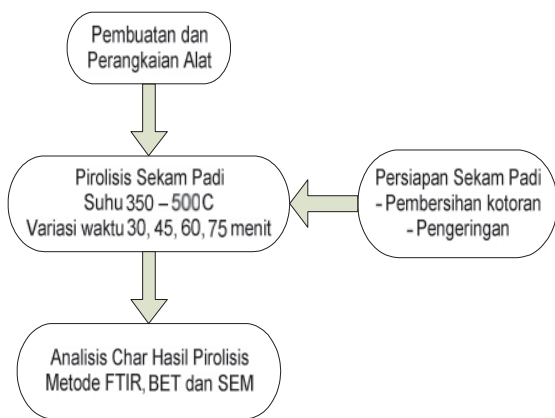
## Metodologi

**Bahan dan Alat.** Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sekam padi, KOH, H<sub>2</sub>O, dan gas nitrogen. Alat yang digunakan dalam pirolisis pembuatan *char* dapat dilihat dalam gambar 1 berikut ini:



**Gambar 1.** Rangkaian alat pirolisis: (1), tabung gas N<sub>2</sub>; (2), *flowmeter*; (3), reaktor pirolisis; (4), elemen pemanas; (5), termokopel; (6), pirometer; (7), kondensor.

**Cara Penelitian.** Pirolisis sekam padi untuk menghasilkan *char*. Penelitian dilakukan pada reaktor *fixed bed* pada kondisi inert dengan mengalirkan gas N<sub>2</sub> untuk mengusir oksigen. Pengaruh suhu dan waktu pirolisis dipelajari terhadap jumlah dan komposisi *char* yang terbentuk. *Char* kemudian dianalisis menggunakan FT IR, BET method dan SEM. Secara skema dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini:



**Gambar 2.** Tahapan penelitian

**Analisa Hasil.** Analisa yang dapat digunakan untuk mengetahui kualitas dari NSMC tersebut adalah

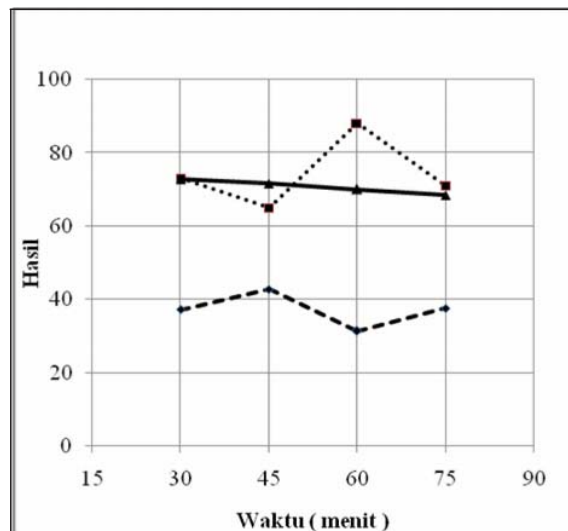
1. Analisa Infra merah, digunakan untuk mengetahui komposisi gugus fungsi karbon.
2. BET (*Brunauer-Emmet-Teller*), yaitu analisa untuk mengetahui luas permukaan dan distribusi pori.
3. SEM (*scanning electron microscopy*) dan TEM (*transmission electron microscopy*), analisa yang menampilkan hasil foto karbon.

## Hasil dan Pembahasan

Hubungan antara lamanya waktu pirolisis sekam padi dengan *char* (gram), cairan (ml), dan gas (liter) yang dihasilkan selama proses pirolisis disajikan di tabel 2 dan gambar 3 sebagai berikut:

**Tabel 2. Data Hubungan Waktu Pirolisis dengan Hasil Char, Gas , dan Cairan**

Waktu (menit)	char (gram)	gas (liter)	cair (mL)
30	72,78	37,15	73
45	71,59	42,75	65
60	69,95	31,3	88
75	68,48	37,5	71



**Gambar 3.** Grafik hubungan waktu pirolisis dengan hasil *char*, gas, dan cairan: (■), cair (mL); (▲), gas (L); (●), padat (gram).

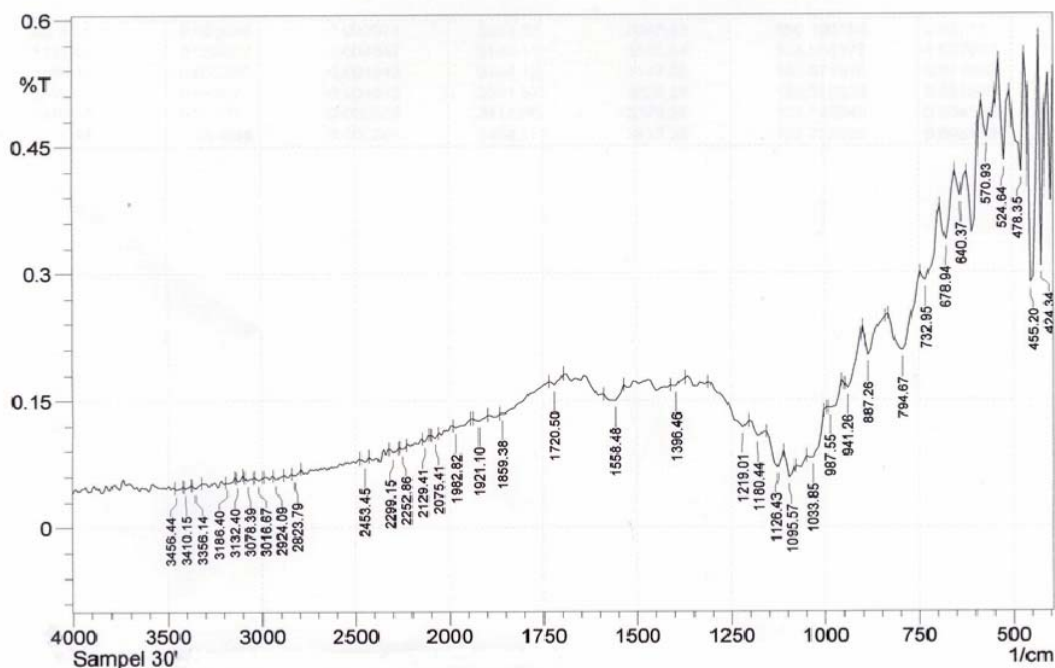
Dari gambar 3 terlihat bahwa *char* yang dihasilkan oleh proses pirolisis sekam padi dengan berat 200 gram, diperoleh berat yang semakin ringan untuk waktu yang lebih lama. Hal ini karena pada proses pirolisis zat-zat volatil dihilangkan dari bahan sehingga menghasilkan material yang sangat berpori. Ditinjau dari hasil cair dan gas pada proses pirolisis ini terlihat bahwa saling berkebalikan. Hal ini disebabkan sebagian gas hasil pirolisis dikondensasikan menjadi

cairan di dalam kondensor, semakin banyak gas yang terkondensasi menjadi cairan maka semakin sedikit gas yang keluar.

**Analisa Char Hasil Pirolisis dengan Spektroskopi Infra Merah.** Analisa ini bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dari *char* hasil pirolisis. Untuk hasil analisa *char* dengan waktu pirolisis 30 menit ditampilkan pada gambar 4.

Pada gambar 4 sumbu x merupakan panjang gelombang (/cm) dan sumbu y merupakan % T (transmitans), intensitas pita gugus fungsi dinyatakan dengan transmitans (T) atau absorban (A). Transmitans adalah perbandingan antara kuat sinar yang dikirimkan oleh sebuah cuplikan dengan kuat

sinar yang diterima oleh cuplikan tersebut. Pada hasil analisa infra merah untuk *char* 30 menit, gugus C-O pada 1300-1000 /cm mempunyai puncak-puncak yang lebih tajam dibandingkan dengan puncak gugus yang lain yaitu pada 1095,57 /cm dan 1126,43 /cm , selanjutnya gugus C-H dengan daerah vibrasi 1000-650/cm memiliki puncak yang cukup tajam pada 794,95 /cm dan 887,26 /cm, begitu juga dengan gugus C-I pada daerah kurang dari 500 /cm yaitu pada 424,34 /cm dan 455,2 /cm namun gugus C halida ini tidak digunakan dalam diagnosis gugus fungsi. Terdapat pula gugus N-H tekukan pada 1558,48 /cm yang memiliki cekungan diantara absorpsi gugus disekitarnya.



**Gambar 4.** Grafik hasil analisa infra merah untuk *char* 30 menit.

Untuk hasil analisa *char* dengan waktu pirolisis 75 menit ditampilkan pada gambar 5. Dari gambar 5 terdapat gugus C - O dengan puncak yang tajam yaitu pada 1095,57/cm gugus ini mempunyai daerah vibrasi antara 1300–1000/cm. Pada daerah kurang dari 500/cm terdapat puncak yang menunjukkan gugus C-I pada 455.2/cm dan 475.35/cm, namun absorpsi gugus ini tidak digunakan dalam diagnosis gugus fungsi (Hendayana, 1994). Gugus C-H aromatik pada puncak 810.1/cm, gugus ini mempunyai daerah 900-600/cm. Tekukan gugus N-H terdapat pada puncak 1581.63/cm, gugus N-H memiliki daerah 1640-1550/cm. Terdapat pula gugus N-H pada daerah vibrasi 3500–3100 /cm dan O-H pada daerah 3400 – 2400 /cm.

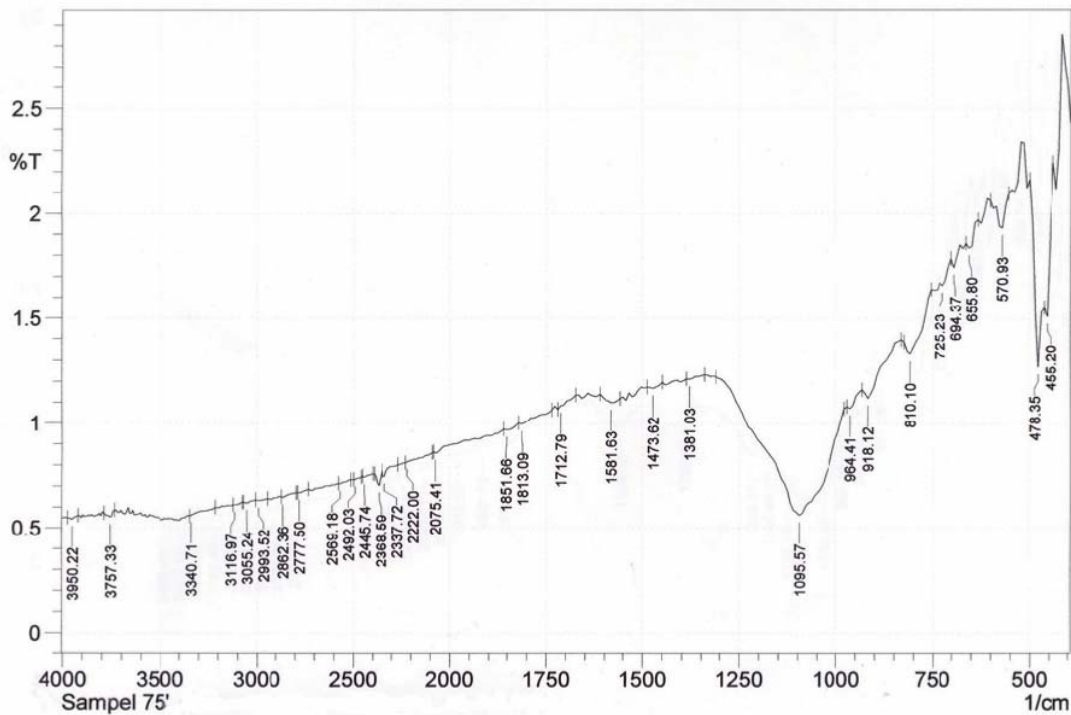
**Analisa Char Hasil Pirolisis dengan BET.** Analisa ini bertujuan untuk mengetahui luas permukaan padatan. Setelah pengujian pada sampel *char* hasil pirolisis dengan analisa BET dapat ditampilkan dalam tabel 3 berikut:

**Tabel 3. Data Luas Permukaan Char Hasil Pirolisis**

Char	Luas permukaan (m <sup>2</sup> /gram)
30 menit	0
75 menit	8,91

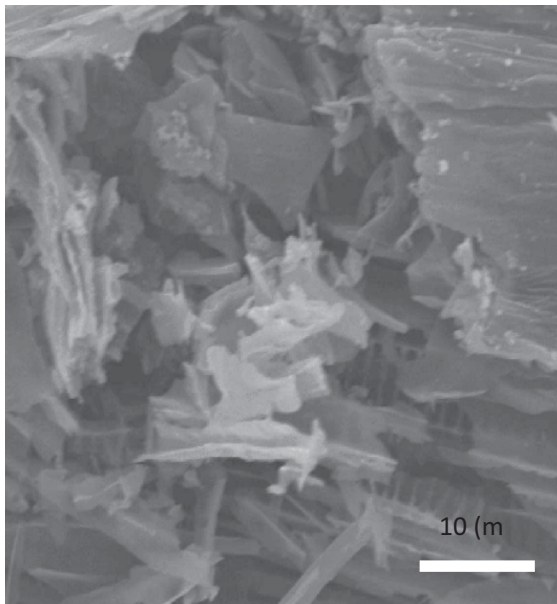
Dari tabel di atas terlihat bahwa waktu pirolisis 30 menit luas permukaannya tidak terdeteksi meski sudah dilakukan analisa sebanyak 3 kali, hal ini karena luas pori pada padatan belum terbentuk sempurna,





Gambar 5. Grafik hasil analisa Infra Merah untuk char 75 menit.

**Analisa Char Hasil Pirolisis dengan SEM.**  
Hasil analisa SEM pada *char* hasil pirolisis sebelum proses aktivasi dapat ditampilkan pada gambar 6. Dari gambar 6 terlihat bahwa pori-pori belum terbentuk sempurna pada *char* hasil pirolisis 75 menit.



Gambar 6. Hasil SEM pada *char* hasil pirolisis.  
**Kesimpulan**

Kesimpulan yang diperoleh adalah bahwa suhu untuk proses pirolisis sekam padi yang menghasilkan *char* mencapai 600°C dengan waktu pirolisis optimal 75 menit dan diketahui sifat-sifat *char* yaitu terdapat gugus fungsi C-O, mempunyai *surface area* 8.91 m<sup>2</sup>/gram, dan pori yang terbentuk belum sempurna.

#### Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi dan Universitas Sebelas Maret yang telah membiayai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Strategis Nasional.

#### Daftar Pustaka

- Antonaku, E.V., Dimitropoulos, V.S., and Lappas, A.A., 2006, Production and Characterisation of Bio-oil from Catalytic Biomass Pyrolysis, *Thermal Science*, 10(3), 151 – 160.
- Bharadwaj, A., Wang, Y., Sridhar, S., and Arunachalam, V.S., 2004, Pyrolysis of Rice Husk, *Current Science*, 87(7), 981 – 986.
- Bota, K.B and Wang, Z., 2005, Hydrogen from Biomass for Urban Transportation, *DOE Hydrogen Program Progress Report*, Clark Atlanta University.

- Bridgewater, A.V., 2005, Biomass Fast Pyrolysis, *Thermal Science*, 8(2), 21-49.
- Danarto, Y.C., 2008, Pirolisis Sekam Padi dengan Katalisator Zeolit, *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*, FMIPA-UNS.
- Danarto, Y.C., Nur, A., dan Dyartati, E.R., 2006, Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Karbon dari Sekam Padi pada Kolom Unggun Tetap, *Laporan Penelitian Dosen Muda Tahun 2006*, Jurusan Teknik Kimia FT UNS.
- Danarto, Y.C., Rusdiansjah, Sembodo, B.S.T., Dyartati, E.R., and Distantina, S., 2006, Kinetika Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Karbon dari Sekam Padi secara Batch, *Laporan Penelitian Dana DIPA UNS 2006*, Jurusan Teknik Kimia FT UNS.
- Hendayana, S., 1994, *Kimia Analitik Instrumen*, IKIP Semarang Press, Semarang.
- Mahvi, A.H., Maleki, A., and Eslami, A., 2004, Potential of Rice Husk and Rice Husk Ash for Phenol Removal from Aqueous Systems, *American J. Appl. Sci.*, 1(3), 321-326.
- Nath, K., and Das, D., 2003, Hydrogen from Biomass, *Current Science*, 85(3), 265 – 271.
- Parmon, V.N., and Yakovlev, V.A., 2006, Current Russian Programmes and Projects on Complex Biomass Processing, *Expert Group Meeting on Technologies for Exploitation of Renewable Feedstocks and Waste Valorisation*, Trieste, Italy.
- Sheth, P.N., and Babu, B.V., 2006, Kinetic Modelling of the Pyrolysis of Biomass, *Proceedings of National Conference on Environmental Conservation*, 453-458.
- Sheth, P.N., and Babu, B.V., Kinetic Modelling of the Pyrolysis of Biomass, *Proceedings of National Conference on Environmental Conservation (NCEC-2006)*, Birla Institute of Technology and Science, 453 – 458.
- Singh, S.K., Mohanty, B.C., and Basu, S., 2002, Synthesis of SiC from Rice Husk in Plasma Reactor, *Bull. Mater. Sci.*, 25(6), 561 – 563.
- Skreiberg, O., 2005, Thermochemical Biomass Conversion and Processes, Lecture in Energy Systems for Developing Countries, Faculty of Technology, Makerere University.
- Swastawati, F., Romadhon, Susanto, E., dan Arif, E.D., 2006, Pemanfaatan Limbah Pertanian sebagai Bahan Pengasapan Ikan yang Ramah Lingkungan, *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Tang, P.L., Lee, C.K., Low, K.S., and Zainal, Z., 2003, Sorption of Cr(VI) and Cu(II) in Aqueous Solution by Ethylenediamine Modified Rice Hull, *Environ. Technol.*, 24(10), 1243-1251.
- Tsai, W.T., Lee, M.K., and Chang, Y.M., 2007, Fast Pyrolysis of Rice Husk : Product Yields and Compositions, *Bioresource Technology*, 98, 22-28.
- Widowati, S., 2001, Pemanfaatan Hasil Samping Penggilingan Padi dalam Menunjang Sistem Agroindustri di Pedesaan, *Bulletin AgroBio*, 4(1), 33-38 .
- Wirawan, S.L., 2006, Current and Future Usage of Bio-fuels in Indonesia, *Article in Australia-Indonesia Joint Symposium in Science and Technology*, BPPT.
- William, P.T., and Besler, S., 1993, The Pyrolysis of Rice Husks in a Thermogravimetric Analyser and Static Batch Reactor, *Fuel*, 72(2), 151-159.
- Zhang, S., 2005, Upgrading of Liquid Fuel from Biomass, *Article*, East China University of Science and Technology.
- , 2009. *Pertanian Indonesia*. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id), Badan Pusat Statistik, 13 September 2009.